

Necrologe.

Jean Baptiste Boussingault

als Pflanzenphysiologe.

Von

N. PRINGSHEIM.

Am 11. Mai 1887 ist in Paris JEAN BAPTISTE BOUSSINGAULT, einer der hervorragendsten unter den Naturforschern Frankreichs, im hohen Alter von 85 Jahren gestorben.

Seine anerkannten und erfolgreichen Leistungen erstrecken sich über weite Gebiete empirischer Forschung. Die Geologie des tropischen America, die Physik der Erde, die Chemie und die Landwirthschaft, die Physiologie der Pflanzen und Thiere, sie verdanken ihm, jede besonders, reiche und werthvolle Förderung.

Die strenge empirische Richtung, welche allen Arbeiten BOUSSINGAULT's ihren productiven Stempel aufdrückt, und der weite Umfang, wie die Tiefe seiner wissenschaftlichen Ziele, die stets den causalen Beziehungen der Erscheinungen zugewandt blieben, sie waren der getreue Ausdruck der Zeit und der Schule, in welchen er seine Jugendeindrücke empfing. Seine Lehrzeit fiel in die glänzende Periode lebendiger und vielseitiger Bewegung, welche die ungeahnten Erfolge empirischer Forschung am Anfange dieses Jahrhunderts in allen Zweigen der Naturwissenschaften hervorgerufen hatten, und die sich damals in seiner Vaterstadt, Paris, wie in einem Brennpunkte, concentrirte. BOUSSINGAULT ist noch, einer der Letzten, die in unsere Zeit hineinragten, aus der Schule jener grossen Entdecker, Reisenden und Experimentatoren hervorgegangen, welche der Beginn des neunzehnten Jahrhunderts erstehen sah.

HUMBOLDT war das Vorbild seiner Bestrebungen. THENARD, BIOT, GAY-LUSSAC, ARAGO, CUVIER seine persönlichen Lehrmeister. Er folgte, noch nicht der Schule entwachsen, als freiwilliger Zuhörer ihren Vorlesungen. Ihren Anregungen verdankt er die verständnissvolle Auffassung für die erreichbaren Ziele der Naturforschung, und die Einführung in die sicheren experimentellen Untersuchungsmethoden, welche seine Arbeiten mit so grossem Erfolge gekrönt haben. Daher die frühe und rasche Entwicklung seiner Productivität und seiner wissenschaftlichen Laufbahn. Mit 19 Jahren, noch Schüler der Bergschule in Saint-Etienne, hat er seine erste, selbständige chemische Abhandlung über die Verbindungen des Siliciums mit dem

Platin veröffentlicht. Kaum aus der Schule entlassen, trat er in die Reihe der Erforscher fremder Länder ein.

Aber die frühe Begabung bestand bei BOUSSINGAULT auch die Probe der Zeit. Selbständige wissenschaftliche Production und ungeschwächte Arbeitskraft begleiteten ihn bis in sein spätes Alter. Mit der Herausgabe des letzten Bandes der Sammlung seiner Untersuchungen sehen wir ihn noch kurz vor seinem Tode beschäftigt. So umfasst seine wissenschaftliche Thätigkeit ununterbrochen einen Zeitraum von 66 Jahren, sie greift in weit auseinander liegende Gebiete der Naturkunde ein, und behandelt die mannigfachsten Aufgaben aus der Physik und Chemie der Erde, der Atmosphäre und der Organismen.

BOUSSINGAULT's äusserer Lebensgang ist in wenigen Strichen gezeichnet. Er wurde am 2. Februar 1802 in Paris geboren. Auf der Bergbauschule in Saint-Etienne erhielt er seine Ausbildung für Chemie und Geologie. Kaum 20 Jahre alt wurde er als Professor nach America an die Bergbauschule in Bogota berufen. Der Reiz, die noch thätigen Vulcane der Anden kennen zu lernen, und die Sehnsucht nach den Tropen bestimmten ihn, dem Rufe zu folgen. Im September 1822 schiffte er sich von Antwerpen nach Süd-America ein, und landete am 22. November in Guayra, dem Hafen von Caracas.

Die politischen Ereignisse des Landes, welches damals um seine Befreiung von der Herrschaft der Spanier kämpfte, liessen ihn nicht ganz unberührt. Er trat freiwillig in die Armee von Columbien ein, nahm eine Stellung im Generalstabe von Bolivar, dem militärischen und politischen Oberhaupte der neu entstandenen südamerikanischen Republiken, an und begleitete denselben auf seinen kriegerischen Streifzügen. Die Erfahrungen, die er hier mitten im Kriegslärm, dann als Ingenieur der Minen von Columbien über die Pflanzencultur in den Tropen sammelte, sind ihm in Europa bei seinen agriculturchemischen Bestrebungen von nachhaltigem Nutzen geworden. Seine zahlreichen Publicationen aus der damaligen Zeit, und die Ergebnisse seiner südamericanischen Beobachtungen, die er später in seiner *Economie rurale* niederlegte, geben Zeugniß von dem Interesse, welches er schon damals der Vegetation, den Pflanzenproducten und den Beziehungen des organischen Stoffwechsels zur Atmosphäre entgegenbrachte. Es sei hier vorübergehend nur an Einiges aus jener Zeit erinnert; so an seine Angaben über das Vorkommen lebender Algen in den heissen Quellen von Venezuela bei einer Temperatur von 50 bis 60° C.; an seine Untersuchungen des Zuckergehaltes der Früchte des Kaffeebaumes, und der Constitution der Milchsäfte einiger Pflanzen, des Kuhbaums, der *Hura crepitans*, der *Carica Papaya*¹⁾; endlich an seine zahlreichen Analysen der Wässer und Quellen, und auch der Gas-

1) *Economie rurale* und *Agronomie* VII.

exhalationen der Vulcane, die schon in näherer oder entfernterer Beziehung zu den Fragen über Ernährung, und die Quellen der Stoffbildung in den Pflanzen standen.

Doch war damals seine Aufmerksamkeit noch vorwiegend den geologischen und meteorologischen Erscheinungen zugewandt. Auf vielfachen Reisen durch Columbien, Peru und Bolivien quer durch das Land, durchstriefte er die Cordilleren, bestieg wiederholt ihre Gipfel, und trug unermüdlich jenes reichhaltige, analytische Material zur Kenntniss der Geognosie und Climatologie des Landes zusammen, durch welches seine zahlreichen Publicationen aus jener Zeit zu einer unerschöpflichen Fundgrube für die Naturkunde des tropischen America geworden sind.

Ueber diesen Theil seiner damaligen Thätigkeit giebt die Einleitung eines Briefes an HUMBOLDT Kunde, der sich in dessen kleineren Schriften abgedruckt findet¹⁾ und den wiederholten Versuch einer Besteigung des Chimborazo schildert.

BOUSSINGAULT schreibt dort:

„Nach zehnjährigen unablässigen Arbeiten hatte ich die Jugendentwürfe, die mich in die Neue Welt geführt, verwirklicht. Der Stand des Barometers am Niveau des Meeres zwischen den Tropen war im Hafen von Guayra bestimmt worden, und festgestellt war die geographische Lage der Hauptstädte von Venezuela und Neu-Granada. Zahlreiche Nivellements hatten das Relief der Cordilleren kennen gelehrt. Ich hatte über die Lagerstätte des Goldes und Platins von Antioquia und Choco die genauesten Nachrichten eingesammelt, hatte successiv mein Laboratorium in den Kratern der am Aequator liegenden Vulcane aufgeschlagen, und war endlich so glücklich gewesen, meine Untersuchung über die Abnahme der Wärme in den Intertropical-Andes bis zu der ungeheuren Höhe von 5500 Metern fortzusetzen.“

Die erstaunliche Entfaltung einer so umfangreichen Thätigkeit, die hier nur nach einer Richtung geschildert ist, erwarb BOUSSINGAULT eine rasche und verbreitete Anerkennung. Als er nach 10 Jahren nach Europa zurückkehrte, ging ihm der Ruf eines ausgezeichneten Naturforschers voran. Man zählte ihn zu den berühmtesten Reisenden und Durchforschern fremder Länder.

Rasch hinter einander wurden ihm jetzt in seinem Vaterlande Ehren und Aemter zu Theil. 1835 wurde er zum Professor an der faculté des sciences in Lyon ernannt; 1837 als Nachfolger von THENARD nach Paris berufen; 1839 in die Academie der Wissenschaften aufgenommen; 1845 endlich nimmt er den Lehrstuhl für Landwirthschaft am Conservatoire

1) A. v. HUMBOLDT, Kleinere Schriften, 1853. Bd. I. p. 175.

des arts et métiers ein und bekleidet diese Stelle 42 Jahre lang, bis an seinen Tod, zuletzt nur noch als Ehrenamt.

Auf die besondere fast exclusive Richtung auf Landwirthschaft, welche die Studien BOUSSINGAULTS nach seiner Rückkehr von Südamerica genommen haben, ist offenbar seine Verheirathung im Jahre 1835 nicht ohne bestimmenden Einfluss gewesen. Er vermählte sich in diesem Jahre mit Fräulein Le Bel, der Schwester eines hervorragenden Landwirthes, und gelangte hierdurch in den Mitbesitz von Bechelbronn, eines Landgutes bei Weissenburg im Elsass, welches durch die agriculturchemischen Versuche, die er dort ausführte, bald eine europäische Berühmtheit erlangen sollte.

Von dieser Zeit an sehen wir ihn vorzugsweise nur noch mit landwirthschaftlichen Fragen beschäftigt. Allein die Aufgaben der practischen Landwirthschaft nehmen unter seinen Händen die Form allgemeiner Probleme der Thier- und Pflanzenernährung an.

In der agriculturchemischen Versuchsstation, die er, die erste ihrer Art, in Bechelbronn gründete, und in dem chemischen Laboratorium, welches er später auf seinem Sommersitze, in der alterthümlichen Abtei von Liebfrauenberg am Fusse der Vogesen errichtet hat, sind nach und nach im Laufe eines halben Jahrhunderts jene fortlaufenden und zusammenhängenden Reihen von Untersuchungen über die Beschaffenheit des Ackerbodens und der Atmosphäre; über die Ernährung der Pflanzen und Thiere; über die chemische Zusammensetzung der Gräser, der Futterkräuter, der Ernten; über die Function der Blätter; über die Wechselwirkung zwischen Pflanze und Luft; über die Quelle des Stickstoffs in den Pflanzen und den Thieren; über Nitrification im Boden und unzählige andere Einzeluntersuchungen von bleibendem Werthe entstanden, welche Bechelbronn und Liebfrauenberg zu den classischen Geburtsstätten der Agriculturchemie in Frankreich erhoben, und BOUSSINGAULT für alle Zeit einen unbestrittenen Platz in der Geschichte der Landwirthschaft und Physiologie gesichert haben.

Erst durch BOUSSINGAULT ist die Landwirthschaft in Frankreich von einem Gewerbe zu einer Wissenschaft erhoben worden. Nur LIEBIG in Deutschland theilt mit BOUSSINGAULT den Ruhm, der neueren Landwirthschaft die chemisch-physiologische Richtung gegeben zu haben. Beiden schlossen sich in England LAW und GILBERT an, die seit dem Erscheinen der Werke von LIEBIG und BOUSSINGAULT, seit fast einem halben Jahrhundert, die gleichen Wege verfolgen. Aus der Anregung, die diese Männer gegeben haben, sind jene zahlreichen agriculturchemischen Versuchsstationen erwachsen, welche seitdem die Kenntniss der physiologischen Bedingungen des Pflanzen- und Thierlebens, und deren Beziehungen zu Boden und Luft nach allen Richtungen in zahllosen Einzelheiten gefördert und erweitert haben.

Es kann nun hier weder meine Absicht, noch meine Aufgabe sein, die reiche Thätigkeit BOUSSINGAULT's ihrem ganzen Umfange nach zu verfolgen und die Bedeutung jeder seiner Leistungen für den besonderen Zweig der Wissenschaft, in welchen sie fällt, im Einzelnen darzulegen. Entsprechend der besonderen Aufgabe unserer botanischen Gesellschaft muss ich es mir versagen ein vollständiges Bild des ganzen Mannes als Naturforscher vor Ihnen zu entwerfen und mich darauf beschränken, nur in wenigen Umrissen den Einfluss zu schildern, welchen seine Arbeiten in der reinen Botanik, und speziell in der Pflanzenphysiologie gewonnen haben.

Ausgegangen vom Studium der Chemie und Geologie und später vorwiegend Agriculturchemiker und Landwirth erscheint BOUSSINGAULT nicht eigentlich als Botaniker, wenigstens nicht im Sinne der älten LINNÉ'schen Tradition. Doch darf unsere botanische Gesellschaft darauf stolz sein, dass sie ihn seit ihrer Gründung unter die ersten ihrer Ehrenmitglieder zählen durfte. Er hat die Pflanzenphysiologie mit zahlreichen neuen Thatsachen, und den fruchtbaren Ergebnissen ganzer Reihen gut ausgeführter und gelungener Versuche ausgestattet. Genaue und kritische Beobachtung und geistreiche Experimentation, wie sie alle Arbeiten BOUSSINGAULT's in objectiv gehaltenen Schlüssen bringen, sind zu allen Zeiten die Fundamente jedes positiven Fortschrittes in den Naturwissenschaften gewesen, wenn sie vorübergehend auch hin und wieder im Bewusstsein der Zeitgenossen hinter ephemeren Speculationen zurücktraten. Grade durch das strenge Festhalten an dem empirischen Boden der Forschung, und die stete sorgsame Anlehnung seiner Schlüsse an den Versuch hat BOUSSINGAULT in so anregender Weise auch das tiefere Verständniss jener allgemeinen Vorgänge des Kraft- und Stoffwechsels zwischen organischer und anorganischer Natur gefördert, in welchen die physiologische Arbeit der Organismen als ein Theil der Gesamtenergie der Schöpfung zum Ausdrucke gelangt. Hierin liegt der innere Kern seiner wissenschaftlichen Wirksamkeit und der tiefere Grund für das grosse Interesse, welches BOUSSINGAULT durch sein ganzes Leben den practischen Aufgaben der Landwirthschaft bewahrt hat.

Die Beziehungen der Landwirthschaft zur Physiologie der Pflanzen und Thiere sind unverkennbar. Die Aufgabe der Pflanzencultur und der Viehzucht ist die Produktion organischer Substanz. Die Bedingungen der Entstehung derselben greifen tief in die dunkelsten Gebiete der Physiologie und des organischen Lebens ein, und entscheiden schliesslich über die Stellung der organischen Wesen in der Natur.

Seitdem man weiss, dass Pflanzen und Thiere keine neuen Elemente erzeugen, und dass dieselben Kräfte in ihnen thätig sind, die auch in der unbelebten Natur die Stoffe verbinden und lösen, ist die Scheidewand gefallen, welche eine frühere Zeit zwischen

organischer und unorganischer Natur aufgerichtet hat. Allein die Identität organischer und unorganischer Materie ist erst eine Errungenschaft neuerer Zeit. Die Kenntniss jenes beständigen Kreislaufes der Stoffe zwischen organischer und unorganischer Natur, der den causalen Zusammenhang zwischen den organischen Wesen und der äusseren Welt offenbart, und das Bestehen der Organismen sichert, so lange die Sonne diesen Kreislauf erhält, gehört erst diesem Jahrhundert an, wenn sie auch mit ihren Anfängen schon in das vorige zurückreicht. Ihre Geschichte ist fast vergessen. Sie beginnt mit der Wahrnehmung einer unscheinbaren Thatsache, mit dem Nachweise, dass die Pflanzen im Sonnenlichte nur dann Sauerstoff abgeben, wenn ihnen Kohlensäure zu Gebote steht. Diese Entdeckung des Genfer Pflanzenphysiologen SENEBIER vom Jahre 1782, die er selbst zu dem Gedanken erweiterte, dass der Kohlenstoff der gesammten Pflanzenwelt aus der Kohlensäure der Atmosphäre stammt, ist die fundamentalste aller Entdeckungen auf biologischem Gebiete geworden. Alle späteren Erfahrungen über die stofflichen Wechselbeziehungen der unorganischen und organischen Welt und der Pflanzen und Thiere unter sich, knüpfen an sie an, denn alle die mannigfaltigen Stoffmetamorphosen im Reiche der Organismen haben ihr gemeinsames Verbindungsglied in dem von der Pflanze angesammelten Kohlenstoff, sie erscheinen als eine geschlossene Kette von Verbindungen und Formen, in welchen der Kohlenstoff in der Natur auftritt.

An der Ausbildung und wissenschaftlichen Gestaltung dieser Lehre vom Kreislauf des Kohlenstoffes waren seit SENEBIER viele betheiligte, darunter die grössten Naturforscher der Zeit. Es ist unausführbar, den Antheil eines Jeden an dem Aufbau dieser Theorie historisch genau festzustellen. Nicht nur deshalb, weil hier die Entdeckungen der Thatsachen und die Gedanken der Einzelnen zu sehr ineinandergreifen, sondern weil auch auf diesem idealen Gebiete im Wettkampf der Völker der Dämon der Nationalität nur zu oft eine die Wahrheit trübende Rolle spielt.

Sicher aber gebührt unter diesen Männern BOUSSINGAULT eine hervorragende Stelle. Die Lehre des Kreislaufes der Stoffe in der Natur war gleichsam das Programm seines Lebens seit 1835, und die Landwirthschaft mit ihren practischen Aufgaben erschien ihm nur als der Rahmen dieses Programmes.

Welch reiches Gebiet von Erscheinungen umfassen auch schon die eigenen Untersuchungen von BOUSSINGAULT, die in dieses Programm fallen: die Veränderungen, welche die Atmosphäre seit dem Auftreten der ersten Organismen erlitten hat; die Constanz ihrer Zusammensetzung in der Gegenwart; die Vorgänge, welche die Aufnahme der Nahrungsstoffe aus Luft und Boden einleiten; die Umwandlung der Produkte des vegetabilischen Lebens in die Bestand-

theile des Thierkörpers; den Gegensatz, der sich in der mechanischen Arbeit ihrer kosmischen Functionen, in der Ansammlung und im Verbrauch von Energie, in Reduction und Oxydation, zwischen Pflanze und Thier ausspricht; die Rückwandlung endlich der verwesenden Reste thierischer und pflanzlicher Leiber in die Bestandtheile der Atmosphäre; alle diese schwierigen Aufgaben specieller empirischer Forschung sind nach und nach und wiederholt Gegenstand der eingehendsten Untersuchungen von BOUSSINGAULT gewesen, und durch sie alle zieht sich der Gedanke des Kreislaufs der organischen Substanz in der Natur als das unverrückte Ziel, welches sie verfolgen, hindurch.

Ausgesprochen findet sich der Gedanke schon am Anfange dieser Periode seiner Thätigkeit in einer kleinen Schrift, die, als Frucht gemeinsamer Arbeit und gegenseitigen Ideenaustausches zwischen BOUSSINGAULT und DUMAS gereift, unter dem Titel: *Essai de statique chimique des êtres organisés par M. M. DUMAS et BOUSSINGAULT* im Jahre 1841 erschienen ist. Die wenigen Seiten dieser inhaltsreichen Abhandlung haben einen Epoche machenden Einfluss auf den Gang der Untersuchungen über die chemischen Vorgänge des Thier- und Pflanzenlebens geübt. Der mächtige Eindruck, den die Schrift bei ihrem Erscheinen in Frankreich hervorrief, lässt sich nur mit dem gewaltigen Aufsehen vergleichen, welchen die gleichzeitig erschienenen Schriften von LIEBIG über die Chemie in ihrer Beziehung zur Agricultur und Physiologie, die die gleichen Aufgaben in ähnlicher Weise verfolgen, bei uns in Deutschland erregt haben.

Die französische Schrift hatte den Vorzug grösserer Kürze und Präcision, und fasste die Erscheinungen unter einem allgemeineren Gesichtspuncte. Die Thatfachen, auf welche die Verfasser sich stützen, waren keineswegs alle von ihnen selbst ans Licht gebracht, und die Gedanken nicht alle neu. Manche der positiven Angaben über einzelne Erscheinungen aus der Ernährung der Pflanzen und Thiere haben später Erweiterungen oder Modificationen erfahren; nicht zum geringsten Theile durch die cigenen fortgesetzten Bemühungen von BOUSSINGAULT selbst. Allein diese Umstände beeinträchtigen den anregenden und philosophischen Werth dieser Schrift in keiner Weise.

In ihr findet man zum ersten Male die allgemeinen Erscheinungen des Pflanzen- und Thierlebens in consequenter Weise unter dem einheitlichen Gesichtspuncte des Kreislaufs der Stoffe zusammengefasst, und in überzeugender und glänzender Sprache zur Darstellung gebracht. Man hat dies bestritten, und hat auf frühere Ausführungen und Andeutungen bei älteren Autoren hingewiesen. Nun, es ist sicher, dass im Anfange dieses Jahrhunderts, als man anfang die chemischen Vorgänge der Ernährung bei Pflanzen und Thieren auf dem Fundament der neuen Chemie LAVOISIER's von Grund aus wieder aufzubauen, sich ähnliche Aussprüche oder Anklänge an die Ideen, die DUMAS und

BOUSSINGAULT entwickeln, schon vorfinden. Allein es sind fast immer nur gelegentliche Bemerkungen; sie gehen kaum über das hinaus, was bereits PRISTLEY, INGENHOUSZ, SENEBIER festgestellt hatten, und beziehen sich meist nur auf den Nachweis, dass die Pflanzen die Atmosphäre verbessern, die Thiere sie verschlechtern. Es sind noch immer die Veränderungen, welche die Atmosphäre erleidet, die im Vordergrund der Betrachtung stehen. Die Glieder in der Kette des Stoffwechsels zwischen Pflanzen- und Thierwelt treten in der Betrachtung noch zurück. Diese erweitert sich noch nicht zu dem Gedanken eines beständigen, geschlossenen Kreislaufs der organischen Substanz. Auch die besten Zusammenstellungen der Vorstellungen hierüber in der Periode vor DUMAS und BOUSSINGAULT, die man z. B. bei CUVIER in seiner Geschichte der Fortschritte der Naturwissenschaften seit 1789 und bei DAVY in seiner Agriculturchemie findet, bewegen sich noch in diesem engeren Rahmen, und leiden noch an der Unsicherheit der herrschenden Ueberzeugungen. CUVIER¹⁾ hält es nach Versuchen von CRELL und BRACONNOT noch nicht für ausgeschlossen, dass die Pflanzen den Kohlenstoff aus allen Substanzen, die ihnen geboten werden, erzeugen können, und auch DAVY²⁾ glaubt noch — vielleicht durch Angaben von INGENHOUSZ verführt — dass die Pflanzen im Stande sind, auch ohne Kohlensäure Sauerstoff im Lichte zu entwickeln.

DUMAS hat später³⁾ den Gedanken des Stoffkreislaufs der organischen Substanz bis auf LAVOISIER zurückführen wollen. Auch dies ist zum Theil richtig. Es hat sich in der That unter den nachgelassenen Manuscripten von LAVOISIER, mitten unter allerlei geschäftlichen Schriftstücken und Rechnungen, auf einem unbeachtet gebliebenen Blatte eine Notiz vorgefunden, die ihn ausspricht; allein diese kurze, ganz allgemein gehaltene Notiz, die ein Blatt mehr in den reichen Lorbeerkrantz von LAVOISIER einflechten will, beweist nur, dass dieser grosse Schöpfer der Verbrennungstheorie, der mit der Wage in der Hand die Unzerstörbarkeit der Materie nachwies, auch den stofflichen Zusammenhang zwischen belebter und unbelebter Natur schon richtig überblickt und erkannt hat. Eine Bedeutung für den Entwicklungsgang der Wissenschaft hat jene nachträglich veröffentlichte, ganz unbeachtet gebliebene Notiz nicht gehabt; als sie ans Licht gebracht wurde, war die Wahrheit, die sie enthielt, längst bekannt und allgemein verbreitet.

Welchen Antheil und Einfluss man daher auch älteren Vorstellungen in den Ideen von DUMAS und BOUSSINGAULT einräumen will, soviel

1) Rapport historique sur le progrès des sciences naturelles depuis 1789 et sur leur état actuel, pag. 154.

2) Éléments de Chimie agricole, pag. 267.

3) Société chimique de Paris 1861. pag. 293. A. W. HOFMANN, zur Erinnerung an J. B. DUMAS, Berichte d. D. chem. Gesellsch. 1884. pag. 701.

steht fest, dass die letzte Gestaltung der Lehre vom Kreislauf der Stoffe in der Natur zu einem in sich abgerundeten Lehrgebäude von DUMAS und BOUSSINGAULT herrührt. In der von ihnen überlieferten Form, und genau mit den Ausdrücken und Bildern, deren sich DUMAS und BOUSSINGAULT in dem *Essai de statique chimique des êtres organisés* bedient haben, ist diese Lehre in die Sprache und die Vorstellungen der gegenwärtigen, naturwissenschaftlichen Literatur übergegangen.

Unter den vielen, neuen und fruchtbaren Anregungen, welche die Wissenschaft diesem *Essai* verdankt, scheint mir keine bemerkenswerther, als der Gedanke, der hier zum ersten Male in die Betrachtung der kosmischen Bedeutung der Vegetabilien eingeführt wird, dass die photochemische Wirkung der Sonne bei der Kohlensäure-Zersetzung der Pflanze auf Absorption von Licht beruht.

In der Geschichte der Physik und Chemie scheint man den ersten Hinweis auf die nothwendige Verbindung von chemischer Lichtwirkung und Absorption auf DRAPER zurückzuführen. Wir sehen jedoch schon DUMAS und BOUSSINGAULT den Licht-Verlust in den grünen Blättern ausdrücklich als die Quelle bezeichnen, welche die chemische Kraft für die Zersetzung der Kohlensäure hergiebt.

Die hierauf bezüglichen Stellen in dem *Essai* lauten:

„Les plantes absorbent la force chimique, qui leur vient du soleil pour décomposer l'acide carbonique.“

„Chose bien digne d'intérêt, ces parties vertes des plantes, les seules qui jusqu'ici puissent manifester cet admirable phénomène de la décomposition de l'acide carbonique, sont aussi douées d'une autre propriété non moins spéciale, non moins mystérieuse.“

„En effet, vient-on à transporter leur image dans l'appareil de M. DAGUERRE, ces parties vertes ne s'y trouvent pas reproduites, comme si tous les rayons chimiques, essentiels aux phénomènes daguerriens, avaient disparu dans la feuille, absorbés et retenus par elle.“

„Les rayons chimiques de la lumière disparaissent donc en entier dans les parties vertes des plantes, absorption extraordinaire sans doute, mais qu'explique sans peine la dépense énorme de force chimique nécessaire à la décomposition d'un corps aussi stable que l'acide carbonique.“

Man weiss jetzt freilich, dass die beiden geheimnissvollen Eigenschaften, welche die grünen Theile der Pflanzen besitzen — die Kohlensäure-Zersetzung im Licht und die auffallend starke Absorption der blauvioletten Strahlen, welche in der Photographie wirksam sind — nicht in dem causalen Zusammenhange stehen, den DUMAS und BOUSSINGAULT voraussetzen. Die Strahlen, welche Silbersalze zersetzen, haben, trotzdem sie in den grünen Pflanzentheilen verschwinden, nur einen unter-

geordneten Werth für die Kohlensäure-Zersetzung. Die biologische Bedeutung ihrer Absorption berührt nicht die Kohlensäure-Zersetzung, sondern das Verhältniss der Pflanzen zum Sauerstoff der Atmosphäre, und bezieht sich auf die Oxydationswirkungen derselben. Trotzdem verliert das ausgesprochene Princip, das ja nur eine Consequenz des später aufgestellten Gesetzes der Erhaltung der Kraft ist, nichts an seiner Richtigkeit, und ist seitdem, wenn auch oft in missverständener Weise, bei allen Untersuchungen über die Bedeutung des grünen Farbstoffes, und der grünen Farbe der Vegetation maassgebend gewesen.

Von den zahlreichen Special-Untersuchungen BOUSSINGAULT's auf dem Gebiete der organischen Stoffbildung, zu denen ich jetzt übergehe, verdienen in erster Linie diejenigen genannt zu werden, die sich auf die Assimilation des Kohlenstoffes und des Stickstoffes in der Pflanze beziehen. Sie fallen ganz in den speciellen Bereich der Pflanzenphysiologie.

Die Quelle des Kohlenstoffes in den Vegetabilien war längst in der Kohlensäure der Atmosphäre aufgefunden, aber noch war der eigentliche Vorgang der Kohlensäure-Zerlegung nur in seinen gröberem Umrissen bekannt. Man wusste, dass bei der Kohlensäure-Zersetzung im Lichte Sauerstoff auftritt, aber die relativen Mengen beider Gase waren nicht genau gemessen. THEODOR VON SAUSSURE hatte gefunden, dass für die aufgenommene Kohlensäure ein nahezu gleiches Volumen von Gas austritt, aber dieses sollte neben Sauerstoff bald mehr, bald weniger Stickstoff enthalten. Andere Experimentatoren DAUBENY, DRAPER, CLOEZ und GRATIOLET, hatten gleichfalls die Stickstoffexhalation der Pflanzen während der Kohlensäure-Zerlegung bestätigt.

Diese Befunde waren in mehrfacher Beziehung der Controle bedürftig. Die Stickstoffexhalation bei der Assimilation schien zwar sicher, wenigstens wurde sie allgemein als sicher angesehen, aber die Mengen des Stickstoffs, welche die verschiedenen Beobachter fanden, waren zu abweichend, um nicht Verdacht an ihrer Richtigkeit zu erwecken. Schon die Quelle des gefundenen Stickstoffs bei der Assimilation schien verdächtig, und die angewandten Untersuchungsmethoden schienen nicht einwandfrei. Es war daher vor Allem nöthig, die Thatsachen sicher zu stellen, und über die Zweifel und Vermuthungen, die hier auftauchten, eine Entscheidung zu treffen.

BOUSSINGAULT unternahm dies. In einer langen Reihe musterhaft durchgeführter gasometrischer Bestimmungen, die er über 25 Pflanzen ausdehnte, setzte er unter allen Cautelen der kurz vorher durch BUNSEN vervollkommenen gasanalytischen Methode, und unter steter Berücksichtigung des Luftgehalts der inneren Atmosphäre der Versuchspflanzen und des Wassers, in welchem sie wuchsen, die genauen quantitativen Verhältnisse des Gaswechsels der Pflanzen im Lichte fest, die seitdem

von allen späteren Experimentatoren im Ganzen und Grossen nur Bestätigung erfahren haben.¹⁾

Er fand,²⁾ dass bei der Zersetzung der Kohlensäure im Licht:

1. von der normalen und gesunden Pflanze kein Stickstoff ausgehaucht wird;
2. dass die Volumina der aufgenommenen Kohlensäure und des abgeschiedenen Sauerstoffs nahezu gleich sind, oder vielmehr, dass in den meisten Fällen etwas mehr, in einigen Fällen etwas weniger, in anderen ungefähr ebenso viel Sauerstoff ausgeschieden, als Kohlensäure aufgenommen wird.

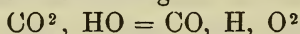
Diese Befunde waren für die Entwicklung der Vorstellungen über den Assimilationsact der Pflanzen von weittragender Bedeutung; sie sind die wesentliche, man kann sagen, die einzige Grundlage derjenigen Anschauung hierüber gewesen, die bisher die allgemeinste, wenigstens die weiteste Verbreitung erhalten hat. Man sah sie, und sieht sie noch jetzt, als den entschiedenen Beweis dafür an, dass die stickstoffhaltigen Bestandtheile der assimilirenden Pflanzenzelle bei dem chemischen Vorgange der Kohlensäurezerlegung unbetheiligt sind, und dass dieser sich ausschliesslich zwischen Kohlensäure, Wasser und Licht abspielt. Den Befund von BOUSSINGAULT, dass die Volumina der aufgenommenen Kohlensäure und des abgegebenen Sauerstoffs nahezu übereinstimmen, fasste man zugleich als Bestätigung jener älteren, schon von früheren Pflanzenphysiologen — z. B. von DAVY — aufgestellten Hypothese auf, dass im Assimilationsacte der grünen Pflanze Kohlensäure und Wasser unter Ausstossung von Sauerstoff direct zu einem Kohlenhydrat zusammentreten. Dieser Hypothese hatten sich DUMAS und BOUSSINGAULT schon 1841 in ihrem *Essai de statique chimique* angeschlossen. BOUSSINGAULT hat ihr bald darauf eine bestimmtere chemische Gestalt gegeben. Er war ein entschiedener Vertreter der Ansicht, über welche früher viel hin und her gestritten wurde, dass beim Assimilationsacte im Lichte nicht bloss die Kohlensäure, sondern auch das Wasser zersetzt wird.³⁾ Ferner hatte er sich durch eigens darauf gerichtete Versuche in Uebereinstimmung mit früheren Angaben von SAUSSURE davon überzeugt, dass die Pflanzen nicht im Stande sind Kohlenoxyd im Lichte zu zerlegen. Indem er jene Annahme und diese Erfahrung verbindet, gelangt er zu folgender Vorstellung über den chemischen Verlauf des Assimilationsactes. Die Kohlensäure wird nur zu Kohlenoxyd reducirt, dieses verbindet sich mit dem Wasserstoff des Wassers zu einem Körper von der relativen Zusammensetzung der Kohlenhydrate

1) Expériences entreprises pour rechercher s'il y a émission de gaz azote pendant la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles. *Agronomie* III pag. 266.

2) *Agronomie* III pag. 378—380; 405—406.

3) *Vergl. Économie rurale* 1843. Tome I. pag. 84—88.

unter gleichzeitiger Ausstossung des im Wasser vorhanden gewesenen Sauerstoffes. Er drückt den Vorgang in seinem Aufsatz¹⁾ vom Jahre 1865 durch die chemische Gleichung



aus, welche gleichzeitig den Befund des Gaswechsels zum Ausdrucke bringen soll. Der entstehende Körper wird nach seiner Ansicht zu Zucker und diese Ansicht ist offenbar plausibler, als die ganz haltlose, dass das primäre Assimilationsproduct Stärke ist, wofür gar nichts anderes angeführt werden kann, als der unzureichende histologische Befund, dass ein der Stärke ähnlicher Körper überaus häufig als Ablagerungsproduct während der Assimilation in den Chlorophyllkörpern auftritt.

Die hier entwickelte Vorstellung von BOUSSINGAULT deckt sich auch mit der neueren chemischen Hypothese, dass jener zuerst gebildete Körper das Aldehyd der Ameisensäure ist. Sie wird von allen denen getheilt, welche bei der Beurtheilung des Assimilationsactes in der Zelle bloss von den Erscheinungen des Gaswechsels ausgehen, und die auch der Ueberzeugung sind, dass die Volumina der Kohlensäure und des Sauerstoffs bei der Zersetzung der Kohlensäure in der Pflanze genau gleich sind.

Ich darf mir hier die Bemerkung gestatten, dass ich dieser Anschauung entgegengetreten bin²⁾, und den hier entwickelten Standpunkt nicht theile. Zunächst deshalb nicht, weil die ausserhalb der Pflanze beobachteten Erscheinungen des Gaswechsels zur Beurtheilung des chemischen Vorganges im Innern der Zelle nicht ausreichen. Ogleich beim Gaswechsel weder Stickstoff aufgenommen, noch abgegeben wird, erscheint es doch unfraglich, dass die Stickstoff-haltigen Bestandtheile der Zelle in den Process der Kohlenstoffassimilation hineingezogen werden. Unbeschadet der Bedeutung und der Richtigkeit der gasometrischen Bestimmungen von BOUSSINGAULT liegt in denselben doch keineswegs die Nothwendigkeit der Annahme, dass das Product der Kohlenstoffassimilation die Elementarconstitution der Kohlenhydrate besitzt. BOUSSINGAULT findet, dass in den meisten Fällen etwas mehr Sauerstoff, als Kohlensäure verschwunden ist; in anderen etwas weniger. Dies weist darauf hin, dass der Vorgang nicht durchweg identisch verläuft, was auch natürlich, ja fast nöthwendig erscheint, wenn man das Gesamtresultat im Luftraume, als das Resultat zweier antagonistischer Processe in der Zelle ansieht, eines reducirenden und eines oxydirenden, deren Grösse von einander unabhängig ist. Grade die zahlreichen Fälle, in welchen die Volumina des Sauerstoffs grösser gefunden werden, weisen mit Entschiedenheit darauf hin, dass der Rest von Kohlensäure und Wasser,

1) Comptes rendus 1865. Vol. 61. pag. 495 und 664; auch Agronomie IV. pag. 301 und 399. —

2) Untersuchungen über Lichtwirkung und Chlorophyllfunction. Leipzig 1881. pag. 105; auch Jahrbücher f. wiss. Botanik XII. pag. 390.

welcher nach Abgabe von Sauerstoff mit den stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Zelle sich verbindet, nicht die elementare Zusammensetzung der Kohlenhydrate haben kann, sondern weniger Sauerstoff als diese enthalten muss. BOUSSINGAULT fühlt dies, und ist auch hier viel objectiver, als diejenigen, die ihm folgen, er selbst sagt ausdrücklich: 1)

„La disparition d'une partie de l'oxygène constitutif de l'acide carbonique peut être attribuée tout naturellement à une assimilation opérée par l'organisme de la plante, tandis que l'émission d'un volume de ce gaz plus grand que le volume de l'acide gazeux éliminé ne saurait être expliquée qu'en admettant que, sous l'influence de la lumière solaire, les parties vertes des végétaux décomposent l'eau en en fixant l'hydrogène.

Was heisst das im Grunde Anderes, als, dass mindestens in diesen Fällen ein Körper als Assimilationsproduct gebildet wird, der mehr Wasserstoff enthält, als die Kohlenhydrate? Anders sind aber auch die Fälle nicht zu deuten, in welchen die Volumina des Sauerstoffs gleich oder kleiner sind, als die Kohlensäure, wenn man nicht vergisst, dass die gleichzeitige Athmung immer die Bedeutung einer Fixation von Sauerstoff für die Pflanze hat.

Die Fälle mit grösserem Sauerstoffvolumen sind in der That gar nicht zu eliminiren. Die Differenzen betragen bis 5 Procent, bei späteren Versuchen noch mehr, und wie man aus obigem Citat ersieht, glaubt BOUSSINGAULT selbst keineswegs daran, dass sie in die Fehlergrenzen der Versuche fallen. Die anatomischen Befunde, in welchen in den assimilirenden Geweben anstatt eines Kohlenhydrats sichtlich ein Oel auftritt, illustriren den Vorgang deutlich, und endlich spielt offenbar nach meinen eigenen, neuesten Versuchen 2) auch der atmosphärische Sauerstoff direct eine Rolle beim Assimilationsacte des Kohlenstoffes, und hierdurch erhält die Vorstellung, dass es sich bloss um eine Zersetzung von Kohlensäure und Wasser bei demselben handelt, eine durchgreifende Modification.

Wie dem aber auch sei, jedenfalls haben die musterhaft ausgeführten Messungen von BOUSSINGAULT den thatsächlichen Boden für die Kenntniss der Gaswechsel-Vorgänge in der die Pflanze umgebenden Atmosphäre geschaffen, und auch die Vorstellungen über den Assimilationsact in so weit gefördert, als dies die Betrachtung des Gaswechsels ermöglicht, der allerdings für sich allein nicht vermag, einen endgültigen Abschluss in dieser Frage zu bringen.

BOUSSINGAULT hat sich auch mit der numerischen Bestimmung des Gaswechsels nicht begnügen lassen; er hat auch weiter die Be-

1) Agronomie III. pag. 379.

2) Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 1887. pag. 294.

dingungen zu erforschen gesucht, unter welchen die Kohlenstoffassimilation und die Kohlensäure-Zersetzung im Lichte stattfinden, und überhaupt möglich sind; theils zur Controle der Angaben früherer Forscher, theils zur Feststellung neuer Thatsachen. So ist oben schon erwähnt, dass er die Behauptung von SAUSSURE, dass die Pflanzen das Kohlenoxyd nicht zerlegen, geprüft und richtig befunden hat.

Gleichfalls im Anschluss an SAUSSURE hat BOUSSINGAULT ferner in einer ausgedehnten, und exacten Untersuchungsreihe die Frage zur Entscheidung zu bringen gesucht, ob die Zersetzung der Kohlensäure in der Pflanze von der Gegenwart von Sauerstoff abhängig ist. Er hat die Frage, wenn auch nur bedingungsweise, verneint. Er sagt¹⁾ „L'oxygène de l'air ne paraît pas intervenir dans ce phénomène.“

Er weist nach, dass die Pflanzen auch die reine Kohlensäure zerlegen, wenn auch mit geringerer Energie, als dies in atmosphärischer Luft geschieht.²⁾ Er zeigt ferner, dass die Zerlegung der Kohlensäure auch in Sauerstoff freien Gemischen von Kohlensäure mit Stickstoff, oder von Kohlensäure mit Wasserstoff leicht gelingt, und hier sogar mit gleicher Energie verläuft, als in ähnlichen Gemischen von Kohlensäure mit atmosphärischer Luft³⁾

Diese an sich höchst werthvollen Nachweise, verbunden mit einigen Versuchen über die begrenzte Assimilation im abgeschlossenen, mit atmosphärischer Luft erfüllten Raume, veranlassen ihn dann, die Vermuthung auszusprechen, dass der Sauerstoff in einer Atmosphäre von Kohlensäure auf die Energie der Assimilation keinen anderen Einfluss ausüben möchte, als durch Herabminderung der Kohlensäure-Spannung im Raume, gerade so, wie auch durch irrespirable Gase, durch Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenoxyd, die Schädlichkeit einer zu hohen Kohlensäure-Spannung verringert wird. Ich möchte demgegenüber jedoch auch hier auf die abweichende Deutung dieser Versuche hinweisen, welche meine neueren Untersuchungen über Inanition gestatten.

Wieder auf noch andere wichtige Bedingungen der Assimilation hat BOUSSINGAULT ganz zuerst die Aufmerksamkeit hingelenkt.

Nach Analogie der Tardigraden und Rädertiere, die nach langer Austrocknung durch Wasser wieder belebt werden, setzte er voraus, es müsse auch gelingen ausgetrockneten Pflanzenblättern durch Anfeuchten mit Wasser die Fähigkeit der Kohlensäure-Zersetzung wiederzugeben. Zuseiner Ueberraschung, wie er selbst sagt,⁴⁾ fand er, dass dies nicht der Fall ist. Ganz so wie hier für das Austrocknen, hat er dann gleichfalls gezeigt, dass auch der Erstickungstod, den er als Asphyxie bezeichnet, die Un-

1) Comptes rendus 1865. Vol. 60 pag. 879 und Agronomie IV. pag. 301.

2) Agronomie IV. pag. 286.

3) Agronomie IV. pag. 198 u. f.

4) Agronomie IV. pag. 317.

fähigkeit zur Assimilation nach sich zieht, obgleich die erstickten Gewebe nach anatomischer Beschaffenheit und Farbe völlig intakt erscheinen¹⁾. Dies sind bedeutsame Thatsachen für jeden, der seine Ueberzeugungen aus den Thatsachen schöpft. Bei der herrschenden Disposition unter den Physiologen, Alles zu übersehen, oder zu ignoriren, was ihrer vorgefassten Meinung über die Chlorophyllfunction entgegensteht, sind auch diese Thatsachen bis vor Kurzem völlig unbeachtet geblieben. Trotzdem sie JODIN bestätigt hat, waren sie nicht im Stande, den Glauben, dass die Kohlensäure-Zersetzung ihren Sitz im Chlorophyll hat, zu erschüttern. Noch in unseren Tagen wurde sogar die Angabe, dass Chlorophylllösungen ausserhalb der Pflanze die Kohlensäure zersetzen können, geglaubt, und von Physikern und Physiologen mit Vertrauen und Beifall aufgenommen.²⁾

Nur kurz will ich ferner hier noch an einige weitere Versuche von BOUSSINGAULT erinnern, die er angestellt hat, um die Grenzen und die Bedingungen der Kohlensäure-Zersetzung aufzusuchen.

Hierhin gehören seine Nachweise, dass jugendliche Blätter noch im Zustande des Etiolement, wenn sie kaum bemerkbare, oder noch gar keine äusserlich erkennbaren Spuren von grüner Farbe zeigen, schon Sauerstoff im Lichte entwickeln³⁾; ferner seine Untersuchungen über die relative Assimulationsenergie der Ober- und Unterseite der Blätter⁴⁾; dann seine Bestimmungen des Grössen-Verhältnisses der Kohlensäure-Zersetzung eines Blattes bei Tage zu seiner Kohlensäure-Bildung bei Nacht⁵⁾. Er berechnet hier nach seinen Versuchen mit Oleander, dass ein Quadratmeter Blattfläche dieser Pflanze in 12 Stunden bei Tage 6336 Cubikcentimeter Kohlensäure zersetzt, während dieselbe Blattfläche in 12 Nachtstunden nur 396 Cubikcentimeter Kohlensäure erzeugt. Auf gleiche Zeiten bei Tag und Nacht reducirt beträgt daher die Oxydationswirkung des Oleander nur etwa 6 Procent von seiner Reductionswirkung. Diese Angabe ist eine der wenigen, die wir überhaupt über dieses Verhältniss besitzen.

Nicht minder ausgedehnte und reichhaltige Untersuchungen, als die bisher besprochenen über die Kohlenstoffassimilation hat BOUSSINGAULT auch über die Stickstoffassimilation der Pflanzen ausgeführt. Auch diese Untersuchungen haben eine lange Vorgeschichte und hier lagen die Fragen noch verwickelter als dort. Einerseits waren die Ansichten über die möglichen Quellen des Stickstoffs der Pflanzen noch lange nicht genügend geklärt, und andererseits waren auch die Erfahrungen

1) Comptes rendus 1865. Vol. 61. pag. 608; Agronomie IV. pag. 329.

2) Comptes rendus vom 14 Dec. 1885 und 22 März 1886.

3) Agronomie V. pag. 18.

4) Agronomie IV. pag. 359.

5) Agronomie IV. pag. 324 - 329.

über die allgemeine Verbreitung, und die Entstehung der Stickstoffverbindungen in der Luft, im Wasser und im Erdboden noch relativ unbedeutende. Was lag daher näher als die Annahme, dass das ungeheure Stickstoff-Reservoir der Atmosphäre das direkte Stickstoffmaterial der organischen Welt ist? Schon die Constitution der organischen Substanz liess dieselbe ja als Wasser und condensirte Luft erscheinen, und die grossen Entdecker, denen wir die ersten Schritte in der Kenntniss der Beziehungen der Organismen zur Atmosphäre verdanken — PRISTLEY und INGENHOUSZ — haben in der That die Ansicht vertreten, dass der freie, ungebundene Stickstoff der Atmosphäre unmittelbar von der Pflanze aufgenommen, und ihrer Substanz einverleibt wird. THEODOR VON SAUSSURE ist zwar dem schon entgegengetreten, und hat im Jahre 1804¹⁾ auf die thierischen Extrakte in der Dammerde, und die ammoniakalischen Dünste in der Luft als die möglichen Quellen des Stickstoffs der Pflanzen hingewiesen, allein seinen Untersuchungen fehlte noch die Schärfe einer einwandfreien Methode, und seine Vorstellungen waren durch die Unsicherheit über die Zusammensetzung des Wassers und die Natur des Stickstoffs getrübt. Er meint:

„Si l'azote est un être simple, s'il n'est pas un élément de l'eau, on doit être forcé de reconnaître que les plantes ne se l'assimilent que dans les extraits végétaux et animaux et dans les vapeurs ammoniacales, ou d'autres composés solubles dans l'eau qu'elles peuvent absorber dans le sol et dans l'atmosphère.“

In einer späteren Abhandlung von SAUSSURE treten übrigens die ammoniakalischen Dünste wieder zurück, und er erklärt sich als völliger Anhänger der Humustheorie.²⁾

So etwa, wenigstens nicht viel anders, lag die Frage als BOUSSINGAULT sich mit ihr zu beschäftigen anfang. Seine ersten Versuche fallen in die Jahre 1837 und 1838, die, mit denen er sie abschloss, in die Jahre 1851, 1852, 1853 und 1854. Er sah ein³⁾, dass die eudiometrische Methode in der Form, in welcher sie SAUSSURE noch anwenden musste, nicht ausreicht, um den geringen Verlust, oder Gewinn von einigen Cubikcentimetern Stickstoff anzugeben, der in einem Raume von mehreren Liter Luft eintreten kann, in welchem eine oder zwei kleine Versuchspflanzen erzogen werden.

Er verliess daher die volumetrische Methode und ging zu der der vergleichenden Gewichtsbestimmungen über, eine Methode, welche überhaupt zuerst von BOUSSINGAULT in die Ernährungsphysiologie der

1) Recherches sur la végétation pag. 207.

2) s. LIEBIG, die Chemie in ihrer Anwend. auf Agricult. u. Physiolog. 7. Auflage, 1862. I. 54. 55.

3) Agronomie I. pag. 2—3.

Pflanzen und Thiere eingeführt worden ist. Sie ist später als „indirekte Methode“ von Agriculturchemikern und Physiologen bezeichnet worden.

BOUSSINGAULT beschreibt sie kurz¹⁾ mit folgenden Worten:

„Elle consiste quand il s'agit d'une plante, à comparer
 „la composition de la semence à la composition de la récolte;
 „et quand il s'agit d'un animal, la composition des déjections
 „et des sécrétions rendues à la composition des aliments
 „consommés.“

Unter den Händen von BOUSSINGAULT hat diese Methode, die viel Ausdauer, Umsicht und technisches Geschick verlangt, bei allen Untersuchungen über Zuwachs der organischen Substanz während des Wachstums, und der Ernährung von Pflanzen und Thieren sich äusserst erfolgreich erwiesen.

Um die Frage der Stickstoffernährung mit dieser indirecten Methode zu lösen, erzog BOUSSINGAULT Pflanzen in ausgeglühtem, von organischen Bestandtheilen völlig befreitem Boden aus Samen, deren Stickstoffgehalt er aus vorherigen Bestimmungen berechnet hatte, ernährte sie ausschliesslich mit Wasser und Luft, und bestimmte quantitativ den Stickstoffgehalt der erzeugten Pflanzen. Die Versuchspflanzen wuchsen theils ganz im Freien, nur vor atmosphärischen Niederschlägen geschützt, — so in den älteren Versuchen von 1837 und 38 und in den Controlversuchen von 1851 bis 54 — theils erzog er sie — so in den Versuchen von 1851 bis 54 — in einem abgeschlossenen Luftraume, entweder ohne Erneuerung der Luft, oder unter continuirlicher Durchleitung eines Stromes von atmosphärischer Luft, immer aber unter Vorsichtsmassregeln, welche die Luft, die Kohlensäure und das Wasser, welche den Pflanzen zu ihrer Ernährung geboten wurden, von ihren ammoniakalischen Beimengungen befreite.

Die Ergebnisse waren entscheidend.²⁾ In allen Fällen, in welchen die Luft von diesen Beimengungen und von dem organischen Staube, den sie enthalten konnte, befreit war, überstieg der Stickstoffgehalt der Ernte nicht den Stickstoffgehalt der Aussaat. Nach einer etwa dreimonatlichen Vegetationsdauer in Ammoniak-freier Luft hatten die aus Mangel an anderweitiger Stickstoffnahrung nur schwächlich entwickelten Pflänzchen keinen Stickstoff aus der Luft in ihre Substanz aufgenommen. Die Versuche im Freien dagegen, die gleichfalls im ausgeglühten Boden ausgeführt waren, bei welchen aber die Luft von ihren ammoniakalischen Beimengungen nicht befreit wurde, zeigten eine constante, wenn auch nur geringe Zunahme von Stickstoff in der Ernte, die offenbar nur jenen Beimengungen zugeschrieben werden konnte. Zugleich aber lehrten dieselben, dass jene Beimengungen in der Luft für sich allein doch

1) *Agronomie* I. pag. 285.

2) *Economie rurale* I. pag. 82, 83 und *Agronomie* I. pag. 3, 4, 65, 145 u. f., 153, 154.

nicht genügen, die Pflanzen zu einer kräftigen und normalen Entwicklung zu bringen, sondern dass diese nur erreichbar ist mit Hilfe der Stickstoff-Verbindungen, die der Pflanze aus dem Boden, und dem Wasser zugeführt werden.

Es ist bekannt, dass diese Resultate in allen zuverlässig ausgeführten Versuchen später durchweg bestätigt worden sind. Von diesen Bestätigungen sei hier nur an die ausführliche und umfassende Versuchsreihe von LAWES, GILBERT und PUGH¹⁾ in England erinnert, welche die ersten waren, die die Versuche BOUSSINGAULT's in gleichem Umfange, und mit gleicher Ausführlichkeit wiederholt haben. Die abweichenden Resultate, welche G. VILLE bei seinen Versuchen erhielt, sind von den genannten englischen Forschern, und von CLOEZ²⁾ und DE LUCCA³⁾ widerlegt und auf vorhandene Versuchsfehler zurückgeführt worden.

Es ist unfraglich; diese Untersuchungen von BOUSSINGAULT sind es gewesen, welche zuerst die wissenschaftliche Ueberzeugung geschaffen haben, dass der freie Stickstoff der atmosphärischen Luft die Pflanze nicht ernährt, und nicht die Quelle des Stickstoffes der Gewächse sein kann.

Die Frage nach der wahren Stickstoff-Nahrung der Pflanzen, die seit dem Auftreten von LIEBIG eine so lebhafte Diskussion hervorgeufen hatte, verlangte nun, nach der negativen Entscheidung, die BOUSSINGAULT bezüglich des atmosphärischen Stickstoffes erbracht hatte, eine um so dringendere Erledigung.

Auf die ammoniakalischen Dünste und die Humusextrakte hatte, wie oben bemerkt, schon SAUSSURE die Aufmerksamkeit gelenkt. Die alten Erfahrungen der Landwirthe mit animalischer Düngung wiesen gleichfalls auf die stickstoffhaltigen Humusextrakte, und ihre neueren Erfolge mit Salpeter als künstliches Düngmittel, auch auf die Salpetersäure als eine dritte mögliche Quelle des Stickstoffs in der Pflanze hin.

Die Argumente für das Ammoniak hatte LIEBIG in seiner geistreichen und eindringlichen Weise mit gleicher Entschiedenheit geltend gemacht, wie die Gründe, die man gegen den Humus vorbringen konnte. Jedenfalls waren Ammoniak, Salpetersäure, und die pflanzlichen und thierischen Verwesungs- und Fäulnisproducte im Humus die einzig denkbaren Quellen des organisirten Stickstoffs, wenn es der freie Stickstoff der Atmosphäre nicht war. Es war die nächste Aufgabe zwischen diesen drei Quellen zu entscheiden.

Dass der Humus nicht die einzige, und auch nicht die ursprüng-

1) Proceedings of the Royal Society June 21. 1860 und Philosophical Transact. 1861. Vol. 151. II. 431.

2) Comptes rendus T. 41. pag. 935.

3) Comptes rendus T. 41. pag. 1251.

liche Quelle organischer Nahrung sein kann, leuchtet auch für den Stickstoff ein. Es kann ja, wie LIEBIG es einst kurz zusammenfasste, keinen Urhumus gegeben haben, und noch jetzt wurzeln Pflanzen auf humuslosem Boden an, wie sich einst auch ihre ältesten Vorfahren auf humuslosem Boden angesiedelt haben.

„Der Stickstoff in den Excrementen kann sich nicht reproduciren, die Erde kann keinen Stickstoff liefern, es kann nur die Atmosphäre sein, aus welcher die Pflanzen und in Folge davon die Thiere ihren Stickstoff schöpfen“

führt LIEBIG ¹⁾ nach BOUSSINGAULT an.

Andererseits erschien es mindestens zweifelhaft, ob die geringen Spuren von Ammoniak und entstehender Salpetersäure in der Luft, deren Entstehungsweisen nur ungenügend erforscht waren, für das Stickstoff-Bedürfniss der Organismen eine ausreichende Quelle bilden könnten. Auch die Frage, ob ammoniakalische, oder salpetersaure Salze direct von den Pflanzen aufgenommen, und verbraucht werden, war noch keineswegs mit wissenschaftlicher Schärfe entschieden. Ihre Aufnahme in die Pflanze durch Blätter und Wurzeln, ihre gegenseitige Umbildung, ihre Verbreitung und ihre Entstehung in der Luft, im Wasser und in der Erde, dies waren die Aufgaben, die experimentell, und durch genaue quantitative Bestimmungen zu lösen waren, bevor die Frage nach der Stickstoff-Nahrung der Pflanzen als abschlussreif gelten durfte. In diesem Kreise von Aufgaben haben sich auch, wie man weiss, die Arbeiten der Pflanzenphysiologen und Agriculturchemiker auf diesem Gebiete der Forschung unablässig seit 1840 bewegt, und eine reiche Fülle von Thatsachen und Entdeckungen zu Tage gefördert.

An allen diesen Untersuchungen aber, die neben den theoretischen zugleich practische Fragen der Landwirthschaft von ungemeiner Tragweite berühren, hat BOUSSINGAULT nicht nur regen und thätigen Antheil genommen, sondern er selbst steht mit seiner Arbeit bei ihrer Förderung überall in erster Linie. Es hiesse eine vollständige Geschichte der chemischen Pflanzenphysiologie und Agriculturchemie seit 1835 schreiben, wollte ich die zahllosen einzelnen Arbeiten BOUSSINGAULT's, die in diesen Rahmen fallen, jede für sich besonders, zerlegen und beleuchten, und doch kann man keine richtige Vorstellung von der Arbeitsleistung dieses Mannes gewinnen, wenn man nicht wenigstens einen kurzen Blick auf sie wirft. Es liegt hier eine ganz ungemein reiche, experimentelle und analytische, Thätigkeit vor. Sie berührt alle Fragen und Controversen, die sich auf die Verbreitung und Entstehung des „assimilirbaren“ Stickstoffes — wie ihn BOUSSINGAULT nennt — d. h. der

1) Agriculturch. 7. Aufl. I. 57.

Stickstoffverbindungen in der Natur, und auf ihre Aufnahme in die Pflanze beziehen.

Ausser in seiner *Économie rurale*, die 1843 erschien, und in seinen *Mémoires de Chimie agricole et Physiologie* vom Jahre 1854 finden sich seine zahlreichen hierher gehörigen Abhandlungen zum grösseren Theile in der Sammlung seiner Aufsätze vereinigt, die er seit 1860 unter dem Titel „Agronomie, Chimie agricole et Physiologie“ erscheinen liess, und die bei seinem Tode 7 Bände umfasste. Hier finden sich: seine Versuche und Erfahrungen über den Werth künstlicher Düngemittel für die Pflanzenernährung; seine Angaben über die Guano-Lager auf den Inseln und Küsten des stillen Oceans und über ihre Zusammensetzung; seine Untersuchungen über Vermehrung des Stickstoffgehalts im Ackerboden während der Cultur; über künstliche und natürliche Salpeterbildung und die südamericanischen Salpeterplantagen, endlich über den geheimnissvollen, noch gegenwärtig nicht völlig aufgeklärten Vorgang der Nitrification in der Ackererde, der den wichtigen Schlüssel der Fruchtbarkeit des Bodens birgt.

Ferner finden sich hier die zahlreichen quantitativen Bestimmungen des Gehalts von Ammoniak und Salpetersäure in Luft, Boden und Wasser, und in den meteorischen Niederschlägen, im Regen, Thau, Schnee, Nebel und Reif, welche die Zahlen geliefert haben, die überall zu Grunde gelegt werden, wo diese Werthe für die Physik der Erde, für die Pflanzenphysiologie und die Landwirthschaft in Frage kommen und von denen HUMBOLDT einst schrieb: „Die Welt wird jetzt wissen, dass die glänzenden Perlen, welche die Dichter von den Kelchen der Blumen sammeln, den Kühen Milch und den Menschen Fleisch geben.“

Hier findet sich endlich auch die grosse Reihe seiner Versuche über die Wirkung des Salpeters auf die Entwicklung der Pflanzen, und seine vergleichenden Bestimmungen des Stickstoffgehalts von Pflanzen, die mit und ohne Salpeter erzogen wurden, deren Resultate nicht wenig zur Befestigung und Verallgemeinerung der Ansicht beigetragen haben, dass die Salpetersäure die wesentlichste Quelle des Stickstoffs der Pflanzensubstanz ist.

Die Anschauungen, zu welchen BOUSSINGAULT schliesslich in all' diesen weit ausgedehnten und vielseitigen Untersuchungen über den für die Pflanzen assimilirbaren und nicht assimilirbaren Stickstoff gelangt ist, sind zerstreut in den betreffenden Abhandlungen niedergelegt. Sie erscheinen kurz und praecis zusammengefasst in einem Briefe BOUSSINGAULT's an Herrn Dr. J. H. GILBERT in Rothamsted, den ich hier unten der Oeffentlichkeit übergeben darf. Ich verdanke ihn und die Erlaubniss zu seiner Publication der Güte des Empfängers. Sein Inhalt wird jetzt von um so höherem Interesse sein, als die Frage nach der Stickstoff-Bereicherung der cultivirten Pflanzen, namentlich der Leguminosen, noch in der Gegenwart nicht völlig abgeschlossen erscheint.

Er lautet:

19 Mai 1876

Forges d'Unicey, par Firminy-Loire

Mon cher Docteur!

Etant obligé de résider dans les Forges d'Unicey je ne puis assister à l'international exhibition ou j'aurais été très heureux de me rencontrer avec vous.

Relativement aux questions que vous me posez sur cette histoire anti-diluvienne de la nonassimilation de l'azote libre, je n'ai vraiment rien à dire que vous ne sachiez mieux que moi; néanmoins je résumerai brèvement mon opinion sur quelques points principaux.

1^e Dans l'air confiné, stagnant, ou dans l'air en mouvement traversant un appareil clos, après purification préalable, l'air renfermant dans tous les cas du gaz acide carbonique, les plantes en croissant dans un sol dénué d'engrais azoté, mais contenant les substances minérales indispensables à l'organisme végétal, n'assimilent pas l'azote qui est à l'état gazeux dans l'atmosphère.

2^e à l'air libre, dans un sol dénué d'engrais azoté, mais contenant les substances minérales indispensables à l'organisme végétale, les plantes acquierent de très minimes quantités d'azote, provenant, à n'en pas douter, des minimes proportions des principes azotés fertilisants apportés par l'air: vapeurs ammoniacales, poussière tenant toujours des nitrates alcalins ou terreux.

3^e Dans l'air confiné, stagnant, ou renouvelé, dans un appareil clos, une plante en se développant dans un sol contenant un engrais azoté et des substances minérales nécessaires à l'organisme végétal, ou dans de la terre végétale fertile, n'assimile pas d'azote libre.

4^e Dans les cultures des champs, en employant le fumier à doses ordinaires, l'analyse indique qu'il y a dans les récoltes, plus d'azote que n'en contenaient les engrais incorporés. Cet excédent d'azote vient de l'atmosphère et du sol.

A. de l'atmosphère parcequ'elle apporte de l'ammoniaque constituant du carbonate, des nitrates ou des nitrites, des poussières. THÉODORE DE SAUSSURE, le premier, a démontré la présence de l'ammoniaque dans l'air, et par consequence dans les météores aqueux. LIEBIG a exagéré l'influence de cette ammoniaque sur la végétation parcequ'il allait jusqu'à nier l'utilité de l'azote qui entre dans la constitution du fumier de ferme. Toutes fois cette influence est réelle et

comprise dans les limites que viennent de tracer les recents et remarquables, travaux de M. SCHLOESSING.

B. du sol, qui fournit aussi aux récoltes avec des substances minérales alcalines, de l'azote, par l'ammoniaque, par les nitrates qui y prennent naissance aux dépens de principes azotés, qui renferment le diluvium, base de la terre végétale. Ces principes où l'azote est engagé dans des combinaisons stables, ne deviennent fertilisants que par l'effet du temps. Si l'on tient compte de leur immensité, les dépôts des dernières périodes géologiques doivent être considérés comme une réserve inépuisable d'agents de fertilité. La forêt, la prairie, certains vignobles, n'ont, en réalité, pas d'autres engrais que ceux apportés par l'atmosphère et par le sol.

Puisque la base de toute terre cultivée contient des matériaux aptes à faire naître des combinaisons azotées, des substances minérales assimilables par les plantes, il n'est donc pas nécessaire de supposer que dans une culture l'azote excédant trouvé dans les récoltes dérive de l'azote libre de l'atmosphère.

Quant à l'absorption de l'azote gazeux de l'air par la terre végétale, je ne connais pas une seule observation irréprochable qui l'établisse; non seulement la terre n'absorbe pas d'azote gazeux, mais elle en émet ainsi que vous l'avez reconnu avec Mr. LAWES, comme l'a vu REISET pour le fumier, comme nous l'avons constaté, M. SCHLOESSING et moi, dans nos recherches sur la nitrification.

S'il est en physiologie un fait parfaitement démontré c'est celui de la non-assimilation de l'azote libre par les végétaux, et je puis ajouter par les plantes d'un ordre inférieur, telles que les mycodermes, les champignons.

Veillez, cher Docteur, en me rappelant aux souvenir de Mr. LAWES, lui dire, que les expériences qui ont démontré la non-assimilation de l'azote non combiné par les plantes ont été faites à Bechelbronn, en Liebfrauenberg et, les plus concluantes, à Rothamsted.

Agréez l'assurance de mes sentiments bien affectueux

BOUSSINGAULT.

In den bisher mitgetheilten Untersuchungen ist die Liste der Arbeiten von BOUSSINGAULT, die für Pflanzenphysiologie bedeutsam sind, keineswegs erschöpft, doch sollen von seinen anderen, nicht ausschliesslich auf Kohlen- und Stickstoff-Assimilation der Pflanzen bezüglichen Abhandlungen nur noch folgende, wichtigere eine Erwähnung finden.

So eine Abhandlung über den Substanz-Verlust, welchen der Weizen

bei der Keimung im Finstern erleidet¹⁾, und über die Metamorphosen, welche die näheren Bestandtheile des Samens dabei eingehen. Er bestimmt hier durch besondere vergleichende Wägungen einmal den absoluten Verlust an Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff während der Keimung, dann die relative Ab- und Zunahme der näheren Bestandtheile der Keimlinge, die in ihrer Ernährung nur auf die Reservahrung im Samen angewiesen sind. Er zeigt, dass Stärke und Oel verschwinden, während Cellulose und Glycose auf deren Kosten zunehmen, die Menge der Proteinkörper und Mineralbestandtheile aber sich gleich bleibt.

Wieder eine andere Abhandlung²⁾ „Temperatur und Vegetation“ bringt einen werthvollen Beitrag zur Pflanzengeographie, sucht die äussersten Temperaturgrenzen der Pflanzenentwicklung zu bestimmen, enthält im Anschluss an die Ansichten, die SENEBIER schon entwickelt hat, bemerkenswerthe Andeutungen über den schädlichen Einfluss niederer Temperaturgrade und bedeutender Temperaturschwankungen, und hebt die in der anatomischen Beschaffenheit der Gewebe liegenden Schutzvorrichtungen gegen niedere Temperaturgrade hervor; sie giebt endlich auch interessante Daten und Notizen, die BOUSSINGAULT wohl an Ort und Stelle gesammelt hat, zur Geschichte und Verbreitung der in das tropische Amerika eingeführten Kulturpflanzen.

Wäre meine Aufgabe nicht auf die Leistungen BOUSSINGAULTS in der Pflanzenphysiologie beschränkt, so wäre hier der Ort, noch seiner zahlreichen Arbeiten zu gedenken, die schon zum Theil, oder ganz in das Gebiet der Thier-Physiologie hinübergreifen; seiner ausgedehnten Untersuchungen über die Ernährung und Fettbildung bei den Pflanzenfressern, und die Beziehungen zur Zusammensetzung und zum Stickstoffgehalt der Futterkräuter, die hier hervortreten.³⁾

Diese Arbeiten verfolgen im Zusammenhange mit den früher besprochenen das Ziel, die Kette des Stickstoffkreislaufes in der Natur bei ihrem Uebergange von der Pflanze zum Thier, und in ihrem weiteren Verlaufe im Thierreiche zu verfolgen. Sie sind zum Theil schon länger als ein Menschenalter unserem Wissensschatz einverleibt, und das Ergebniss einer jeden war eine entschiedene Bereicherung unserer Kenntnisse. Sie haben die Identität, oder doch die Verwandtschaft der stickstoffhaltigen näheren Bestandtheile des Pflanzen- und Thierreichs schon zu einer Zeit hervor gehoben, in welcher die Kenntnisse hierüber noch neu, oder zweifelhaft waren; sie zeigten, was man vorher noch nicht annahm, oder doch nicht sicher wusste, dass der

1) Agronomie IV. pag. 245.

2) Agronomie III. pag. 1.

3) Agronomie V. und Mémoires de Chimie agricole et de Physiologie 1854.

Stickstoff einen wesentlichen Bestandtheil des gesammten Pflanzkörpers darstellt, dass er sich nicht bloss, wie man glaubte, in dem Samen der Pflanzen, sondern auch in allen ihren vegetativen Theilen, und namentlich auch in denen findet, die, wie das Heu und die Futterkräuter, das hauptsächlichste Nahrungsmittel der Pflanzenfresser bilden; sie lehrten endlich, dass die Thiere ihren ganzen Stickstoffgehalt der vegetabilischen Nahrung entlehnen, und dass der freie ungebundene Stickstoff der Atmosphäre hierbei ebenso unbetheiligt ist, wie bei der Stickstoffassimilation der Pflanzen. Auch bei diesen Untersuchungen auf thierisch-physiologischem Gebiete zeichnen sich die Arbeiten BOUSSINGAULT's durch die musterhafte Genauigkeit seiner quantitativen Bestimmungen, und durch die Anwendung jener indirecten Methode der vergleichenden Wägungen aus, der er auch hier, wie in der Pflanzenphysiologie, zuerst Eingang und Anerkennung verschafft hat.

Endlich darf zum Schlusse nicht unerwähnt bleiben, dass auch der Ausgangs- und Endpunkt des organischen Stoffwechsels, die Atmosphäre in ihrer Zusammensetzung, ein Gegenstand seiner sorgsamten und genauen quantitativen Bestimmungen gewesen ist.

In jener grossen Arbeit, die er 1841 mit seinem Freunde DUMAS über das Verhältniss von Sauerstoff und Stickstoff in der atmosphärischen Luft ausgeführt hat, ist auch hier zum ersten Male anstatt der volumetrischen die Gewichtsbestimmung angewandt.¹⁾ Erst die später von BUNSEN zur grössten Vollkommenheit gebrachte, eudiometrische Methode hat Zahlen über das Verhältniss von Stickstoff und Sauerstoff in der atmosphärischen Luft bringen können, welche die von DUMAS und BOUSSINGAULT gefundenen an Genauigkeit übertreffen konnten.

Ueberblicken wir jetzt noch ein Mal das Stück wissenschaftlicher Arbeit aus dem Leben BOUSSINGAULTS, welches ich hier zu schildern versucht habe, so springt der mächtige Einfluss, den das Genie und der Fleiss dieses Mannes auch in unserer Wissenschaft geübt hat, in die Augen.

Seine Lebensaufgabe, der er bis an sein Ende treu blieb, war die Ausbildung der Kenntnisse vom organischen Stoffwechsel in der Natur. Er hat ihn in seinem ganzen Kreislaufe, auf jedem seiner Schritte, von der Luft durch die Pflanze ins Thier, und vom Thier wieder in die Luft messend, wägend, analysirend auf das Genaueste verfolgt. Für jeden hat er sichere, bleibende Daten und genaue Zahlen geliefert. Viele dieser Ergebnisse seiner Mühen und Gedanken sind längst als gesicherte Sätze in den Bestand unserer Wissenschaft übergegangen. Die Lehre vom Kreislauf der organischen Substanz lebt in Jedermanns Munde. Die jüngeren unter uns erinnern sich kaum, dass, und wie um dieselbe gestritten worden. Der Fleiss, die Mühe, die Ge-

1) LADENBURG, Handwörterbuch der Chimie Artikel Atmosphaere. pag. 74.

dankenarbeit der Männer, die das Gebäude ausgebaut haben, sind fast vergessen. Die Wissenschaft schreitet schnell vorwärts, ihre Geschichte ist ein Sieb mit grossen Löchern, und der historische Sinn geht in der Gegenwart im Kampfe der Schulen, und in tendenziöser Geschichtsschreibung mehr als je verloren. Es ist nicht blos eine Pflicht der Pietät, sondern auch eine Forderung und eine Förderung der Wissenschaft, die Erinnerung an die Männer wach zu halten, die für sie Grosses geleistet haben, und die Wege zu zeigen, die sie gegangen sind. BOUSSINGAULT war einer dieser Männer. Ein unermüdlicher Experimentator hat er mehr als ein halbes Jahrhundert lang in ununterbrochener Folge die fundamentalen Vorgänge der Pflanzen- und Thierernährung zum Vorwurfe zahlloser, erklärender und sichtender Beobachtungen, Versuche und Messungen gemacht, und ihre tiefere Erkenntniss dauernd begründet und gefördert.

A. W. Eichler.

Von

K. SCHUMANN.

AUGUST WILHELM EICHLER wurde am 22. April 1839 in dem kurhessischen Städtchen Neukirchen als Sohn des dortigen Kantors geboren. Ein Jahr später wurde sein Vater nach Eschwege versetzt, und hier erhielt E. in der Schule, an welcher sein Vater thätig war, bis zum vollendeten 14. Lebensjahre seinen ersten Unterricht. Von dieser Zeit ab besuchte er das Gymnasium zu Hersfeld und erlangte daselbst Ostern 1857 das Zeugniss der Reife. Er bezog die Universität Marburg, um Mathematik und Naturwissenschaften zu studiren; den Abschluss seines akademischen Studiums bildete das im Sommer 1860 abgelegte Staatsexamen pro facultate docendi. Am 14. März 1861, in der Mitte seines Probejahres am Gymnasium zu Marburg, wurde er auf Grund seiner Dissertation: „Zur Entwicklung des Blattes mit besonderer Berücksichtigung der Nebenblattbildungen“ zum Doktor der Philosophie promovirt.

Die Neigung zu den Naturwissenschaften entstand in E. sehr früh. Die lieblichen Umgebungen seiner zweiten Vaterstadt wirkten